

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl⁶

F27B 15/00

C21D 9/00 C30B 30/00

H01L 21/00 H01L 25/00

H01L 27/00

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97180271.8

[43]公开日 1999年12月22日

[11]公开号 CN 1239543A

[22]申请日 97.8.25 [21]申请号 97180271.8

[30]优先权

[32]96.12.4 [33]US [31]60/032,340

[32]97.5.16 [33]US [31]08/858,004

[86]国际申请 PCT/US97/14922 97.8.25

[87]国际公布 WO98/25090 英 98.6.11

[85]进入国家阶段日期 99.6.2

[71]申请人 鲍尔半导体公司

地址 美国得克萨斯州

[72]发明人 石川明

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

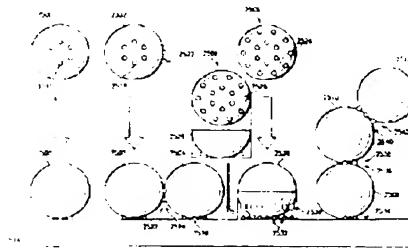
代理人 王永刚

权利要求书 5 页 说明书 20 页 附图页数 15 页

[54]发明名称 球形半导体集成电路

[57]摘要

一种球形半导体集成电路(“电路球”)(图24)及其制造系统(图2)和制造方法(图1)。该电路球取代了平面常规芯片的功能。这种电路球的实际尺寸允许其适于许多不同制造工艺,而这些工艺在其它情况下是不能采用的。另外,该电路球的组装和安装(图25)有助于有效地利用半导体及电路板空间。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1· 一种集成电路，包括大致形成为球形的半导体材料，和设置于该材料的外表面上的至少一个电路。

2· 根据权利要求 1 的集成电路，其中所说至少一个电路制造于所说半导体材料上。

3· 根据权利要求 2 的集成电路，其中所说至少一个电路包括多个晶体管，并且所说半导体材料提供用于晶体管的阱。

4· 一种制造球形集成电路的工艺，包括以下步骤：制造大致为球形的半导体晶体，并在该晶体上制造集成电路。

5· 根据权利要求 4 的工艺，其中制造大致为球形的半导体晶体的步骤包括：

制造粒状多晶；

由所说粒状多晶制造单粒状晶体；

将单粒状晶体形成球形；及

外延生长球形单晶。

6· 根据权利要求 4 的工艺，其中制造步骤利用的多个工艺包括：清洗工艺；

湿法腐蚀工艺；

扩散工艺；

氧化工艺；

等离子体工艺；

涂敷工艺；及

曝光工艺。

7· 一种利用包括制造大致为球形的半导体晶体，并在该晶体上制造集成电路的工艺制造的球形集成电路。

8· 根据权利要求 7 的球形集成电路，其中制造步骤采用的多个工艺包括：

清洗工艺；

湿法腐蚀工艺；

扩散工艺；

氧化工艺；

等离子体工艺；

涂敷工艺；及

曝光工艺。

9·根据权利要求7的球形集成电路，其中制造大致为球形的半导体晶体的步骤包括：

制造粒状多晶；

由所说粒状多晶制造单粒状晶体；

将单粒状晶体形成球形；及

外延生长球形单晶。

10·一种通过加工大致为球形的半导体表面制造的集成电路。

11·一种集成电路，包括：

大致为球形的半导体晶体芯；

加工于所说半导体晶体芯的外表面上的多个电路，其中至少一个电路是通过围绕半导体晶体芯缠绕导体形成的电感器。

12·一种VLSI电路，由多个较小集成电路构成，其中所说每个集成电路包括大致形成为球形的半导体材料，设置于该材料的外表面上的至少一个电路和用于电连接另一个集成电路的至少一个引线。

13·根据权利要求12的VLSI电路，还包括一个或多个分立电路，每个分立电路包括大致形成为球形的半导体材料。

14·一种制造多晶材料的处理炉，包括：

入口管道，用于接收籽晶材料；

流化床反应器，用于接收籽晶材料，并将之生长成多晶材料；及
出口管道，用于送出多晶材料。

15·一种加工球形半导体单晶的下行炉，该炉包括加热器部分，产品入口和出口，其中加热器部分的温度超过半导体单晶材料的熔点。

16·一种加工球形半导体单晶的上行炉，该炉包括加热器部分，产品入口和产口出口，其中加热器部分的温度超过半导体单晶材料的熔点。

17·一种加工球形半导体单晶的螺旋炉，该炉包括加热器部分，产品入口和产口出口，其中加热器部分的温度超过半导体材料的熔点。

18·一种加工球形半导体单晶的移动炉，该炉包括加热器部分，产品入口和产口出口，其中加热器部分的温度超过半导体材料的熔点。

19·一种由半导体粉末制造半导体晶粒的系统，该系统包括：
流化床反应器，用于将所说粉末转变成晶粒；
重量分选器，用于接收来自流化床反应器的晶粒；
回流管，用于将来自重量分选器达不到预定重量的晶粒送回到流化床反应器。

20·一种外延生长半导体球的系统，包括：
具有多个小孔的第一管道；
与第一管同轴的第二管道，用于提供载体流体；
加热器，用于形成高温区；
其中半导体球在第一管道内移动通过高温区，同时浮在载体流体上，载体流体从第二管道流过第一管道的小孔。

21·根据权利要求 20 的系统，其中第一和第二管道是螺旋形的。

22·一种加工球形半导体材料的吹送处理装置，所说装置包括产品入口、产品出口、流体入口、流体出口，其中在流体入口和流体出口间流动的流体加工在产口入口和产口出口间移动的半导体材料。

23·根据权利要求 22 的吹送处理装置，其中流体和半导体材料在同一方向移动。

24·根据权利要求 22 的吹送处理装置，其中流体和半导体材料在相反方向移动。

25·根据权利要求 22 的吹送处理装置，还包括产品入口和产品

出口间的正负电极，用于支持等离子体工艺。

26·根据权利要求 22 的吹送处理装置，还包括产品入口和产品出口间的喷雾器，用于支持涂敷工艺。

27·一种加工半导体晶粒的吹送装置，该装置包括在加工期间半导体晶粒在其中移动通过的管道，其中所说管道中或者为真空或者充有流体。

28·根据权利要求 27 的吹送装置，还包括用于在晶粒的熔点或熔点之上加热半导体晶粒的加热器。

29·根据权利要求 28 的吹送装置，其中半导体晶粒作为多晶进入吹送装置，而作为单晶排出吹送装置。

30·一种加工球形半导体材料的曝光系统，该系统包括其上布设有电路的中空球形掩模和掩模外的光源，以便在半导体材料和掩模同心时，光源将所说电路曝光于所说半导体材料上。

31·根据权利要求 30 的曝光系统，其中半导体材料被支撑于掩模的中心点。

32·根据权利要求 30 的曝光系统，其中半导体材料移动通过掩模的中心点。

33·一种抛光球形半导体的系统，包括：

具有内径的外部管道；

与外部管道同轴的内部管道，内部管道具有第一、第二和第三部分，其中第一部分具有第一外径，第二部分具有大于第一直径的第二外径，第三部分连接第一和第二部分，并具有从第一直径变到第二直径的第三外径；

其中外部管道的内径小于内部管道的第二外径；

其中在内部管道相对外管道绕轴旋转时，抛光球形半导体。

34·一种半导体集成电路的加工系统，包括将半导体集成电路从一个步骤移到另一步骤的管道。

35·根据权利要求 34 的加工系统，其中所说管道中或者为真空或者充有流体。

36·一种加工半导体球的系统，该系统包括：

处理管；

连接到处理管的一端的流体入口；

连接到处理管的与流体入口相反的一端的流体出口；

连接到处理管的一端的产品入口；

连接到处理管的与产品入口相反的一端的产品出口。

37·根据权利要求 36 的系统，其中从流体入口流入的流体施加到处理管中的半导体球上。

38·根据权利要求 37 的系统，其中流体入口连接到处理管的与产品出口相反的一端。

39·根据权利要求 37 的系统，其中所说流体是去离子水。

40·根据权利要求 37 的系统，其中所说流体是腐蚀流体。

41·根据权利要求 37 的系统，其中重力移动半导体球通过处理管。

42·根据权利要求 37 的系统，其中流体移动半导体球通过处理管。

43·根据权利要求 36 的系统，还包括：

连接到处理管的一对电极；

连接到所说电极的电源；

其中所说电极使从流体入口流入的流体与半导体球反应。

44·根据权利要求 36 的系统，还包括：

连接到处理管的喷雾器，用于在半导体球移动通过处理管时，在半导体球上喷射处理材料。

说 明 书

球形半导体集成电路

交叉引用

本申请要求1996年12月4日申请的美国临时申请No. 60/032340的权益。

发明的背景

本发明一般涉及半导体集成电路，特别涉及一种球形集成电路及其制造系统和制造方法。

常规集成电路或“芯片”是由平面半导体晶片形成的。首先这种半导体晶片在半导体材料制造厂家制造出来，然后被送到制造厂家或“制造机构”。在制造机构，在半导体晶片表面上加工数层。一旦完成后，将晶片切割成一个或多个芯片，并组装成封装。尽管所加工的芯片包括制造于其上的数层，但芯片仍保持较平坦。

为了拥有和操纵现代化的晶片制造工厂，制造机构，和组装厂，必须组织巨大的资源。例如，一个制造机构一般要花费数亿美元，并且因此需要大量资本和投入。这种高水平的资本和投入伴随着芯片和制造机构所固有的许多问题。

这些问题中的许多反映到产生硅晶片和芯片所需要的艰苦努力和巨大花费。例如，制造晶片需要生产棒形多晶半导体材料，从半导体棒精确地切割晶碇；清洗并干燥所切晶碇；通过在石英坩埚内熔化晶碇，由该晶碇制造大单晶；研磨、腐蚀、清洗该晶体的表面；从该晶体切割、研磨并抛光晶片；热处理这些晶片。另外，经过上述处理生产的晶片一般具有许多缺陷。由于切割、研磨和清洗处理及形成晶体时所用容器内的有关杂质，这些缺陷会给制造高纯度单晶带来麻烦。例如，氧是一种与石英坩埚有关的明显杂质。随着形成于这些晶片上的集成电路的尺寸越来越小，这些缺陷会变得越来越普遍。

有关现代化制造机构的一个问题是，它们需要许多不同的大且昂贵的工厂。例如，制造机构需要无尘净化室和控温制造及存储区，以

防止晶片和芯片发生故障和翘曲。净化室中的灰尘量直接正比于芯片的最终质量。另外，翘曲是热处理工艺期间尤其严重的问题。

有关现代化制造机构的另一问题源于它们固有的低效率产出及它们对硅的低效利用。例如，大量处理晶片即利用批量制造的现代化制造机构必须保持巨大的创造力，以有效地利用制造机构的所有设备。另外，由于晶片是圆的，而完成的芯片是矩形的，无法利用每个晶片的周边部分。

现代化制造机构的再一问题是，它们生产的芯片不易应用。而是有许多必须进行的附加步骤，包括：切割和从晶片分离成芯片；将芯片组装到引线框上，包括引线键合、塑料或陶瓷模制及切割和形成引线；在印刷电路板上定位所组装的芯片；并将所组装的芯片安装到该印刷电路板上。由于这些操作的精确性要求，切割和组装步骤引入了许多误差和缺陷。此外，定位和安装步骤的特征显然是二维的，因此，不能支持弯曲或三维区域。

因此，由于这些和各种其它问题，今天世界上只有几个公司能成功地制造常规的芯片。而且，这些芯片必须承受高价格，以适应高成本的制造及回报原始的资本和投入。

发明概述

因此，本发明提供一种球形半导体集成电路及其制造系统和制造方法。此后称为“电路球”的球形半导体集成电路代替了平坦的常规芯片的功能。电路球的实际尺寸允许其适于众多不同的制造工艺，而这些制造工艺在其它情况下是不能用的。另外，电路球的组装和安装有助于有效地利用半导体材料及电路板空间。

本发明所具备的一个优点是，能够支持通过漂浮在真空、气体或液体中的半导体加工。这种漂浮可以是垂直、水平或倾斜方向的。

本发明所具备的另一个优点是，能够在电路球通过管道、管或容器移动的同时加工半导体。这种移动可以是垂直、水平或倾斜方向的。另外，管道或管可以是连续的，从而减少或消除对净化室环境的要求。

本发明所具备的再一优点是，能够支持在超高温下的半导体加工，包括常规半导体材料翘曲或熔点处的温度或以上的温度。

本发明所具备的又一优点是，便于晶体形成，其中利用其自身表面的张力可以自然形成球形晶体。

本发明的再一优点是，电路球的球形提供了其上承载电路的更大表面积。

本发明又一优点是，电路球的球形比常规芯片对外力的耐受力更强。所以，对于电路球来说不总是需要常规的组装封装。

本发明再一优点是，电路球的球形允许一个电路球直接与电路板连接，或与另一电路球成一组。这种成组可以在任何方向上建立三维多有源层及多金属层。

本发明还有一优点是，允许单个较小的工厂制造半导体材料及进行制造。另外，可以省去组装和封装厂。

本发明再一优点是减少制造周期时间。

本发明又一优点是，对于许多不同加工步骤来说可以共同采用单一的制造结构。

半导体制造领域的技术人员将容易理解到不可胜数的其它优点。

附图的简要说明

图 1 提供了制造和利用实现本发明特征的球形半导体集成电路的流程图。

图 2 展示了用于制造粒状半导体多晶的回流型流化床反复反应器。

图 3 展示了用作加工图 2 的多晶的粒状单晶炉的下行型吹送处理装置。

图 4 展示了抛光球形半导体单晶的球面抛光系统。

图 5A 展示了加工图 4 的晶体的吹送型处理装置。

图 5B 提供图 5A 的吹送型处理装置的部分近视图。

图 6 展示了加工图 4 的晶体的移动型处理装置。

99-06-02

图 7 展示了加工电路球的下行型处理装置。

图 8 展示了加工电路球的上行型处理装置。

图 9 展示了用作加工电路球的扩散炉的下行型吹送处理装置。

图 10 是带有电极的用于加工电路球的下行型处理装置。

图 11 是带有涂层喷雾器用于加工电路球的下行型处理装置。

图 12 是带有气体喷雾器用于加工电路球的下行型处理装置。

图 13 展示了用于曝光处理的球面掩模。

图 14 展示了用于曝光处理的球形狭缝鼓。

图 15 展示了固定型曝光系统。

图 16 展示了带有用于曝光处理的对准标记的电路球。

图 17 展示了与图 15 的第一固定型曝光系统一起用的第一安装系统。

图 18 展示了与图 15 的第一固定型曝光系统一起用的第二安装系统。

图 19 展示了与图 18 的第二安装系统一起用的传送系统。

图 20 展示了与图 18 的第二安装系统一起用的定位系统。

图 21 展示了与图 18 的第二安装系统一起用的枢轴臂系统。

图 22 展示了反射型曝光系统。

图 23 展示了下行型曝光系统。

图 24 展示了电路球的最终外观。

图 25 展示了安装在电路板上许多电路球。

图 26 展示了通过聚集数个电路球制造的 VLSI 电路。

本发明的详细描述

参见图 1，参考数字 100 一般表示建立和构成球形半导体集成电路（“电路球”）的制造系统。关于本说明书的其余部分，结合硅介绍该工艺，应理解，该工艺可以采用任何半导体材料。

首先，晶体形成工艺 110 形成了单球形晶体。在形成了球形晶体的基础上，制造工艺 120 在球形晶体上构成电路，从而形成电路球。一旦制造完成，聚集工艺 130 连接各电路球，并连接各电路球与如印

刷电路板等其它器件。

I · 粒状多晶和单球形晶体的形成

一般情况下，制造粒状多晶半导体存在三种流行的方法。一种方法是压碎多晶棒或碇。另一种方法是通过给流化床反应器提供粉状多晶利用流化床反应。第三种方法涉及在惰性气体中熔化半导体材料，并“吹散”或滴落熔化的半导体。这三种方法具有许多问题。例如，尤其是在多晶尺寸增大，以支持越来越大的晶片直径时，上述方法中的每一个都为很高的劳动密集型。所以，它们都相当昂贵，并且导致了高质量产品的很差成品率。另外，尤其是流化床反应法，晶粒的尺寸和重量不均匀。

A · 粒状多晶加工系统

参见图 2，回流型反复流化床反应炉 200 将硅多晶粉末 202 生长成粒状多晶。流化床反应炉 200 采用流化床反应工艺，在高温下操作很短时间，以便由聚集的硅碇或其它源材料生长粉末 202。所以流化床反应炉 200 生产出尺寸和重量较均匀的晶粒。

流化床反应炉 200 包括炉室 204、支架 206、重量分选器 208 和多个管道，所说管道包括回流管 210、212，气体管 214、216、218、220、222，排气管 224 和材料传送管 226、228。固定到炉室 204 上的是加热器 230、232。

操作时，粉状或砂粒状硅多晶粉末 202 通过材料传送管 226 进入炉室 204。同时，如甲硅烷 SiH_4 等气体通过气体管 218、220，从炉室 204 的底部注入。粉末 202 和 SiH_4 混合，在炉室 204 内形成流化床反应层。流化床反应层由加热器 230 和 232 加热。

在粉末 202 在炉室 204 中混合时，其尺寸长大以便最终落入重量分选器 208。在重量分选器 208 处，轻于预定重量被退回的晶粒 234 通过回流管 210、212 返回到流化床反应层。而满足预定重量的晶粒 236 通过材料传送管 228 被送出。另外，废气通过排放管 224 排放出去。

在晶粒 236 通过材料传送管 228 被送出时，载体气（未示出）通

过气体管 222 注入，用于运载晶粒。此外，需要时，通过在载体气中注入合适量的杂质，可以掺杂硅晶粒 236，使之变成 n 型或 p 型硅。另外，通过串联几个流化床反应炉 200，还可以利用反复流化床反应工艺制造晶粒 236。

B· 制造小晶粒单晶的系统

参见图 3，下行型吹送处理装置 300 用于制造小晶粒单晶。吹送装置 300 包括炉室 302、支架 304、着陆台 306 和多个管道，所说管道包括气体管 308、310，排气管 312 和材料传送管 314、316。固定于炉室 302 上的是几个预加热器 318、超高温加热器 320 和低温加热器 322，从而在炉室内分别形成预热区 324、超高温区 326 和低温区 328。或者，超高温区 326 可以由其它方法加热，包括高频加热、激光束加热或等离子体加热。

在操作过程中，每个晶粒 236（图 2）通过材料传送管 314 进入吹送装置 300。晶粒 236 首先进入预热区 324，这里具有低于粒状多晶硅熔化的温度。晶粒 236 然后通过开口 330 下行进入超高温区 326，这里具有远高于硅熔点的温度。超高温区 326 中充有含杂质的惰性气体（未示出），惰性气体是从气体管 308、310 输入的。需要时，惰性气体所带的杂质还使得晶粒 236 掺杂成 n 型或 p 型。晶粒 236 在它们下行通过超高温区 326 时熔化，下行的速度由流过气体管 308、310 的惰性气体控制。

因为每个晶粒 236 已熔化，所以由于表面张力它们变为球形，从而取粒状单晶 340 的形式。粒状单晶 340 继续下行进入低温区 328，在那里它们硬化。低温区 328 有足够的空气压力，用于粒状单晶 340 软着陆于台 306 上。

应理解，通过吹送装置 300 的气流的方向并非形成粒状单晶 340 所必须的。例如，另一实施例是上行型吹送装置，其中注入的气体推动粒状单晶向上。因此，关于该装置及以下所述的其它装置，可以预计气流方向的明显变化。

参见图 4，尽管一些粒状单晶 340 已满足直径和圆形所需要的规

格，但必须利用粒状单晶球面抛光装置 400 抛光一种或多种粒状单晶 340。抛光装置 400 包括外管 402，具有锥形区 406 和扩展区 408 的内管 404，包括产品入口管 410 的材料传送管 410。外管 402 的内表面和扩展区 408 的外表面间的距离 412 限定了粒状单晶 340 的最终直径。抛光装置 400 可以是垂直、水平、倾斜方向的，以便于抛光工艺。

在操作过程中，粒状单晶 340 通过入口管 410 进入抛光装置 400，并落入由锥形区 406 和外管 402 限定的区 414 中。外管 402 在一个方向向上旋转，同时包括锥形区 406 和扩展区 408 的内管 404 在相反方向旋转。尽管未示出，但入口管 410 还允许如氧化铝粉末和水等抛光材料引入到区 414。管 402 和 404 相反的旋转及氧化铝粉末和水的研磨作用的结果是，粒状单晶 340 被抛光成所要求直径的球形。

由于抛光和研磨作用发生于其中，抛光装置 400 产生了大量的热。因此，为了冷却抛光装置 400，管 402 包括导管（未示出），以便冷却流体能够流过。以下所述的许多其它装置也需要冷却，应理解，冷却流体和冷却的其它方法都是所属领域容易理解的，因此，这里不再进行讨论。

C·单球形晶体制造

参见图 5A，采用螺旋型吹送处理装置 500，通过外延生长生长单球形晶体。螺旋形装置 500 包括炉区 502、支架 504、软着陆台 506 和多个管道，所说管道包括材料传送管 508、510，气体管 512、514、516，排气管 518 及加热器 520、522。加热器 520、522 分别限定了螺旋装置 500 内的各区域，包括预热区 524 和高温外延生长区 526。

参见图 5B，材料传送管 508 连接到气体管 512 内与之同轴的连续螺旋形漂浮管 528。漂浮管 528 点焊到气体管 512 上，以便流体可以在两者间流动。在本实施例中，流体是混有如氩、氢或氦等其它气体的甲硅烷气。简单说，以后称这种流体为载体气 530。粒状单晶 340 通过漂浮管 528 移动，同时载体气 530 通过螺旋管 512 移动。载体气 530 在压力作用下通过气体出口管 514、516 进入气体管 512，并通过气体出口管 518 排放出去。漂浮管 528 包括多个很小的气孔 532，以

便载体气 530 可以流过，并支撑漂浮管 528 内的粒状单晶 340。结果，粒状单晶 340 漂浮于漂浮管 528 内的载体气上，从而避免直接与漂浮管接触。

操作时，每个粒状单晶 340 通过连接到漂浮管 528 的材料传送管 508 进入螺旋装置 500。然后粒状单晶 340 在重力的作用下沿漂浮管 528 下行，并漂浮于载体气 530 上。粒状单晶 340 通过预热区 524 移动到外延生长区 526 内。

进入外延生长区 526 后，粒状单晶 340 开始外延生长。杂质浓度和外延生长速率由外延生长区 526 的温度及通过载体气 530 注入到气体管 512 的杂质控制。最后，粒状单晶 340 外延生长成几乎完美的小球，此后称之为晶体球 540。然后晶体球 540 进入漂浮管 528，着陆于软着陆台 506，被冷却，并通过材料传送管 510 前进。

参见图 6，移动型吹送处理装置 600 是外延生长单球形晶体 340 的另一设备。移动装置 600 包括炉区 602，支架 604，加热器 606 及多个管道，所说管道包括连接到漂浮管 610 的材料送管 608，气体管 612、614，及排气管 616。漂浮管 610 和气体管 612、614 的操作分别与图 5B 的漂浮管 528 和气体管 512 类似。另外，加热器 606 限定了移动装置 600 内的各区域，包括预热区 618、冷却区 620 和高温外延生长区 622。

操作时，粒状单晶 340 通过材料传送管 608 进入移动装置 600。然后粒状单晶 340 在重力的作用下开始沿材料传送管 608 下行，并漂浮于来自气体管 614 的载体气 530 上。粒状单晶 340 通过预热区 618 移动到外延生长区 622 内。

进入外延生长区 622 后，粒状单晶 340 开始外延生长。杂质浓度和外延生长速率由外延生长区 622 的温度、材料传送管 608 的角度及通过载体气 530 注入到气体管 612 的杂质控制。最后，粒状单晶 340 外延生长成晶体球 540，这与图 5 所示类似。然后晶体球 540 通过材料传送管 608 输出移动装置 600。

因为晶体球 540 及其所有前体都小、轻且圆，所以可以容易自动

进行上述的整个制造工艺。例如，一种装置的输入产品管与前体装置的输出产品管配合。因此，由于整个工艺可以由连续的管道构成，所以极大了减少了污染物的引入。

II · 电路球的制造

电路球的制造基本上包括常规芯片或晶片制造所用的相同基本加工步骤。通过将掩模图形曝光于半导体晶片的表面，并对晶片的表面进行加工或处理操作，实现晶片的制造。加工或处理操作可进一步描述为：去离子水清洗，显影和湿法腐蚀；扩散，氧化和膜淀积；涂敷；曝光；等离子体腐蚀，溅射和离子注入；灰化；及外延生长。

以下所述的制造设备可用于几种不同的方法，每种方法都可用于进行不同的加工操作。例如，吹送加工处理方法可用于在它们通过时清洗、干燥或在晶体球 540 上形成膜，具体例子如下所述。

因此，不以任何特定的顺序列出以下的制造工艺和设备。另外，应理解，许多工艺是重复的。再者，以下所述工艺不排除在所有的制造工艺外，而是为了展示示例工艺，以提供对本发明的清楚理解。因为各工艺的顺序和重复可以是不同，所以，即使制造期间可以有许多变化，但以下的讨论和有关制造的附图中，晶体球 540 皆称为电路球 700。

A · 清洗工艺

将许多晶片固定到晶片舟上，并将它们浸入大贮水池的去离子水中，用常规晶片处理清洗晶片。该方法存在很多问题。例如，用新鲜水替换去离子水的时间和成本相当高。另外，整个工艺需要大且昂贵的贮水池。

参见图 7，下行型吹送装置 702 对电路球 700 进行清洗工艺。吹送装置 702 包括一处理管 704，该管带有产品入口 706、产品出口 708、去离子水入口 710、去离子水出口 712 和产品导向件 714。

操作时，电路球 700 进入产品入口 706，并向着产品出口 708 下行。下行的速度受通过处理管 704 流动的去离子水 716 和作用于电路球上的重力的影响。去离子水 716 以与下行电路球 700 的方向相反的

方向流动。在产品导向件 714 把电路球 700 导向产品出品 708 之前，“最新鲜的”去离子水用于清洗该电路球。

参见图 8，还可以用上行型吹送装置 800 清洗电路球 700。该吹送装置 800 包括包括一处理管 802，该管带有产品入口 804、产品出口 806、去离子水入口 808、去离子水出口 810 和产品导向件 812。

操作时，电路球 700 进入产品入口 804，并向着产品出口 806 上行。上行的速度受通过处理管 802 流动的去离子水 814 和作用于电路球上的重力的影响，去离子水的流速大于球的流速。去离子水 814 以与上行球 700 的方向相同的方向流动。产品导向件 812 把电路球 700 从产品入口 804 导向产品出口 806。

结果，上行型和下行型吹送装置 800、702 都可以清洗电路球 700，而不用常规的去离子水箱，支持电路球的稳定流动，并且具有较小的尺寸。此外，电路球 700 保持在密封的环境中，因此不容易被污染。另外，例如利用连接产品出口 806 与产品入口 706，可以组合上行型和下行型吹送装置 800、702，以更方便地清洗。在其它工艺步骤中也可以实现这种装置的组合，以更方便各工艺。

B·湿法腐蚀

常规湿法腐蚀与常规的清洗工艺类似，具有类似的问题。例如，湿法腐蚀一般需要大的化学试剂箱，以进行腐蚀工艺。此外，一旦从箱中取出晶片，晶片会因暴露于周围空气中而受污染。相反，可以用上述两种吹送装置（图 7 和 8）进行湿法腐蚀工艺。除用腐蚀化学试剂代替去离子水外，吹送装置的操作与结合图 7 和 8 所述的相同。结果湿法腐蚀工艺具有与上述清洗工艺同样的益处。

C·扩散

一般情况下，由于晶片趋于翘曲，所以杂质扩散到晶片中的最高温度限制为约 1200℃。结果杂质扩散要花几十个小时完成。相反，由于电路球 700 的球形，不易发生翘曲，扩散温度可以相当高，处理速度变得很快。

参见图 9，用下行型扩散炉 900 对电路球 700 进行扩散工艺。扩

散炉 900 包括炉室 902、支架 904、着陆台 906、及多个管道，所说管道包括气体管 908、910、排气管 912 和材料传送管 914、916。固定于炉室 902 上的是预加热器 918、超高温加热器 920 和低温加热器 922，从而分别构成预热区 924、超高温区 926 和低温区 928。或者，超高温区 920 可由其它方法加热，例如，高频加热、激光束加热或等离子体加热。

操作时，电路球 700 通过产品入口管 914 进行扩散炉 902。电路球 700 首先移动通过预热区 924，该区的温度低于硅的熔点。然后，电路球 700 下行通过开口 930 进入超高温区 926，该区的温度远高于硅的熔点。超高温区 926 中充有从气体管 908、910 送入的含杂质的气体（未示出）。在电路球 700 穿过超高温区 926 时，由于其表面熔化，其进行扩散，并且扩散利用气体中的杂质进行。该气体还减小了下落的电路球 700 的下行速度。然后电路球 700 进入低温区 928，在这里其表面再结晶，下行的速度极大地降低，直到其着陆于台 906 上为止。

D · 氧化

硅晶片的常规氧化有几个问题。一是，氧化一般一次对许多晶片进行。结果晶片到晶片的氧化膜及每个晶片上的氧化都具有偏差。此外，由于以上结合扩散讨论的翘曲趋势，氧化要花很长时间。相反，用上述扩散炉 900（图 9）还可以进行氧化工艺。除用氧代替载有杂质的气体外，氧化操作与扩散相同。结果，氧化工艺具有与以上结合扩散工艺所述的益处。此外，电路球 700 保持在密封的环境中，因此较不易被污染。

E · 溅射，淀积和干法腐蚀

参见图 10，下行型等离子体装置 1000 用于对电路球 700 进行金属的溅射、淀积各种膜和干法腐蚀工艺，这些工艺统称为等离子体工艺。等离子体装置 1000 包括处理管 1002，处理管 1002 具有产品入口 1004、产品出口 1006、气体入口 1008 和气体出口 1010。气体入口 1008 构成产品导向件 1012 和具有多个允许气体流过的小孔（未示

出)的产品软着陆管 1014. 等离子体装置 1000 还包括正负电极 1016、1018，射频(“RF”)电源 1020 和主电源 1022。电极 1016、1018 衬于管 1002 的内部，从而构成等离子体区 1024。然而，应理解，电极 1016、1018 还可以表示位于管 1002 外面的金属板或射频线圈。另外，等离子体装置 1000 包括限定预热区 1028 的预加热器 1026。

操作时，电路球 700 进入产品入口 1004，并开始向着产品出口 1006 下行。电路球 700 首先进入预热区 1028。然后电路球下行到等离子体区 1024，并在移动通过时被加工和处理。气体从管 1008 通过小孔 1030 注入，用于加工电路球 700，并控制电路球下行的速率。应理解，对于不同的工艺来说，可以以所属领域技术人员容易理解的方式采用不同的气体、RF 频率和功率。

F·涂敷

涂敷用于数个工艺中。例如，涂敷用于施加光致抗蚀剂。另外，涂敷用于施加着色的涂料，以保护最终的电路球，并给其作标识。

参见图 11，下行型涂敷装置 1100 用于对电路球 700 进行涂敷工艺。涂敷装置 1100 包括处理管 1102，处理管 1102 具有产品入口 1104、产品出口 1106、气体入口 1108 和气体出口 1110。气体入口 1108 还构成产品导向件 1112 和具有多个允许气体流过的小孔 1115 的产品软着陆管 1014。涂敷装置 1100 还包括预加热器 1116、加热器线圈 1118 和喷雾器 1120、1122、1124、1126。线圈 1116、1118 衬于管 1002 的外面，从而分别构成预热区 1128 和干燥区 1130。喷雾器 1120、1122、1124、1126 容纳于管 1102 的内部，从而构成涂敷区 1132。

操作时，电路球 700 进入产品入口 1104，并开始向着产品出口 1106 下行。电路球 700 首先进入预热区 1128。然后电路球 700 下行到涂敷区 1132。各喷雾器在电路球 700 上喷射细雾状涂敷材料。然后电路球 700 进入干燥区 1130。通过管 1108 注入的气体用于干燥并控制电路球 700 的下行速率。然后电路球进入软着陆管 1114，在那里小孔 1115 逆着电路球引导气体。另外，所说气体强迫涂敷材料雾

返回到排气管 1110。来自小孔 1134 的气体还可以旋转电路球 700，以更方便的进行涂敷和干燥。

参见图 12，也采用下行型气体涂敷装置 1200 对电路球 700 进行涂敷工艺。涂敷装置 1200 包括处理管 1202，处理管 1202 具有产品入口 1204、产品出口 1206、气体入口 1208 和气体出口 1210。气体入口 1208 还构成产品导向件 1212 和具有多个允许气体流过的小孔 1215 的产品软着陆管 1214。涂敷装置 1200 还包括预加热线圈 1216、加热线圈 1218 和气体喷雾器 1220、1222、1224、1226。线圈 1216、1218 粘于管 1202 的外面，从而分别构成预热区 1228 和干燥区 1230。气体喷雾器 1220、1222、1224、1226 容纳于管 1202 的内部，从而构成聚合区 1232。涂敷装置 1200 还包括 RF 电源 1230 及主电源 1232。

操作时，电路球 700 进入产品入口 1204，并开始向着产品出口 1206 下行。电路球 700 首先进入预热区 1228。然后电路球 700 下行到聚合区 1232。喷雾器 1220 和 1226 喷射第一单分子气体，喷雾器 1222 和 1224 喷射第二单分子气体。第一和第二单分子气体结合，形成光敏聚合物气体，如聚甲基偏丙烯酸酯（未示出）。在聚合区 1232 的反应由来自 RF 电源 1230 和主电源 1232 的加热能量促进。结果，可以在电路球 700 上得到很薄的光敏膜，而不用任何液态光致抗蚀剂。然后电路球 700 进入软着陆管 1214，在那里小孔 1215 逆着电路球引导惰性气体。所说惰性气体强迫聚合物气体向上到排气管 1210。

G · 曝光

一般情况下，晶片设置于平面上，在那里它们接收光处理，以在晶片的上表面上布设电路结构。相反，电路球 700 的几乎整个表面都接收光处理。结果，较大的表面积可用于容纳电路结构。例如，假定有三种结构：方形器件，圆盘形器件、及球形器件，每种器件具有相同的半径 “r”，容易理解，每种器件表面积分别定义为 $4r^2$ 、 πr^2 、 $4\pi r^2$ 。因此，球形器件具有用于支撑该电路结构的最大表面积。

有几种对电路球 700 进行曝光的方法，包括固定型、反射型、下行型和上行型曝光系统。

参见图 13，某些曝光方法采用球形掩模 1300。该掩模 1300 包括具有上部开口 1304 和下部开口 1306 的透明球形表面 1302。尽管稍有变化以支持球形表面 1302，但利用常规布局技术制备了电路结构的布局图形（未示出）后，则该布局图形可利用常规技术如电子束、X 射线、球面记录仪或激光束等附加于该球形表面上。该布局图形还可附加于表面 1302 的内部和外部上，该表面还可切割成两半，以便于这种应用。

参见图 14，某些曝光方法还采用狭缝鼓 1400。狭缝鼓 1400 包括具有上部开口 1404 / 下部开口 1406 和狭缝开口 1408 的不透明球形表面。

参见图 13 - 15，采用固定型曝光系统 1500 对电路球 700 进行曝光。曝光系统 1500 将掩模 1300 固定于固定位置。包围掩模 1300 的是狭缝鼓 1400，包围狭缝鼓 1400 的是光系统 1502。光系统 1502 能够将光投射到整个狭缝鼓 1400 上。光系统 1502 包括分别与掩模和鼓的上部开口 1304、1404 对准的上部开口 1504，分别与掩模和鼓的下部开口 1306、1406 对准的下部开口 1506。电路球 700 由支架定位掩模 1300 的中心。

操作时，光系统 1502 通过狭缝开口 1408、掩模 1300 的对应部分辐射光，到达电路球 700 的对应部分上。掩蔽的光与电路球 700 上的光致抗蚀剂反应，形成所需的电路结构。然后狭缝鼓 1400 旋转，从而将电路球 700 的整个表面暴露于掩模 1300。或者，狭缝鼓 1400 可以位于掩模 1300 内部，或可以根本不用狭缝鼓。

参见图 16，支架 1508 具有三个支脚 1600、1602、1604。支脚 1600、1602、1604 分别配合电路球 700 上的对准标记 1606、1608 和 1610。对准标记 1606、1608、1610 是不等间距的，以便只有一种构形的电路球 700 允许这些标记与支脚 1600、1602 和 1604 正确结合。结果，电路球 700 可以设置于预定位置，以便于光处理。

对准标记 1606、1608、1610 可由数种方法构成。例如对准标记 1606、1608、1610 可分别由独立的工艺（未示出）形成为凹槽。又

例如，由于开始时对准标记的位置是不重要的，所以可随机地选择第一光处理操作的对准标记 1606、1608、1610。然后第一光处理操作将限定随后操作的对准标记。

一旦支脚 1600、1602、1604 分别与对准标记 1606、1608、1610 接触，电路球 700 的重量将电路球固定到各支脚上。此外，支脚 1600、1602、1604 还靠真空抽吸与对准标记 1606、1608、1610 固定在一起。这两种情况下，支架 1508 用于在处理期间将电路球设置于掩模 1300 的中心点。尽管未示出，但支架 1508 还可以在涂敷光致抗蚀剂时支撑电路球。

参见图 17，参考数字 1700 表示在支架 1508 上设置电路球 700 的系统。首先在振动室 1702 中放置一个或多个电路球 700。振动室 1702 用空气管 1704 去振动和旋转一个电路球 700，直到对准标记 1606、1608、1610 就位，与支脚 1600、1602 和 1604 连接。可以由摄像机 1706 来进行这种判断。一旦对准标记 1606、1608、1610 就位，支架 1508 移动，以便连接支脚与对准标记。然后支架 1508 将电路球 700 运载到固定型曝光系统 1500。

参见图 18，参考数字 1800 表示另一用来在支架 1508 上设置电路球 700 的系统。该设置系统 1800 包括两个枢轴臂系统 1802、1804，两个传送带系统 1806、1808，一个光对准系统 1810，和一个计算装置 1812。

参见图 19，操作时，电路球 700 进入设置系统 1800，位于传送带 1806 上。传送带 1806 具有数个橡胶杯 1900，电路球 700 可以安放于其上。此外，橡胶杯 1900 具有数个真空口 1902，用于于其上固定电路球 700。

参见图 20，第一枢轴臂 1802 从传送带 1806 上取下电路球 700。第一枢轴臂 1802 含有一个可控定位系统 2000，一个垂直臂 2002，一个水平臂 2004 和一个定位器 2006。定位系统 2000 如以下将要具体讨论的那样由计算机 1812 控制。定位系统 2000 绕纵轴 2008 旋转垂直臂 2002，并在水平方向 2010 方向升起和降低垂直臂。水平臂 2004

固定于垂直臂 2002 上。两个臂 2002 和 2004 都包括供定位器 2006 利用的真空和控制线路。该定位器可在许多不同方向 2012 移动，并包括真空杯 2014，用于选择性与电路球 700 吸合和脱开。

再参见图 18，计算机 1812 命令第一枢轴臂 1802，从传送带 1806 上取下电路球 700，并将之设置于光对准系统 1810 前。光对准系统 1810 与计算机 1812 连接，以寻找对准标记 1606、1608、1610(图 16)。然后计算机 1812 通过控制第一定位器 2006 到所要求的位置调节电路球 700 的位置。如果光对准系统 1810 判断到达了所要求的位置，则第一枢轴臂 1802 旋转，以设置电路球 700，以便由第二枢轴臂 1804 进行存取。如果没有到达所要求的位置，则第一枢轴臂 1802 旋转，以将电路球 700 设置于第二传送带 1808 上。第二传送带 1808 则将电路球 700 送回到第一传送带 1806 上。

参见图 18 和 21，由第二枢轴臂 1804 的气压装置 2100 设置并控制支架 1508。气压装置 2100 用于升高和降低支架 1508，该装置还固定于齿轮系统 2102 上，它们都受计算机 1812 的控制。第二枢轴臂 1804 绕纵轴 2104 旋转，以便将电路球设置于三个位置 P1、P2 和 P3 中的一个上。在位置 P1，气压装置 200 升起支架，以便在合适的对准标记处与电路球 700 啮合。然后气压装置 2100 降低支架 1508。在位置 P2，气压装置 2100 定位在光系统 1500 的位置。然后气压装置 2100 升起支架 1508，以便为进行光处理而定位电路球 700，如上所述。一旦完成，支架 1508 下降，第二枢轴臂 1804 旋转到位置 P3，齿轮系统 2102 使电路球 700 被卸下，以进行下一工艺步骤。

参见图 22，或者，采用反射型曝光系统 2200 对电路球 700 进行曝光。反射型曝光系统使用一个平面掩模 2202，两个透镜 2204、2206，和两个反射镜 2208、2210。操作时，光源 2212 发射光通过平面石英母板掩模 2202。掩模 2202 上的电路图形投向电路球 700。电路的第一部分 2214 通过透镜 2204 投射，并从反射镜 2210 反射，到达电路球 700 的一个面上。电路图形的第二部分 2216 从反射镜 2208 反射，通过透镜 2206 投射，并到达电路球 700 的第二部分上。结果，

可以由平面掩模 2202 制造球形电路。

参见图 13 和 23，在另一实施例中，可以采用下行型曝光系统 2300 对电路球 700 进行曝光。下行型曝光系统 2300 需要三个对准标记 1606、1608、1610（图 16），但不将电路球固定到支架 1508 上。此外，下行型曝光系统 2300 不采用狭缝鼓 1400（图 14）。然而，下行型曝光系统 2300 包括设置于掩模 1300 的开口 1304 之上的几个高速高分辨率摄像机如摄像机 2302、2304、2306。由于电路球 700 下落经过点 2308、2310、2312，摄像机 2302、2304、2306 将电路球的位置和其取向记录于计算机装置 2314 中。然后，计算装置预测电路球 700 将到达掩模 1300 的中心点的时间，并在电路球正好到达时激发光系统 1502。此外，计算装置 2314 还命令定位装置（未示出）将掩模 1300 旋转和移动到适应电路球 700 的取向。

尽管未示出，但上述实施例中隐含了其它实施例。例如，除受力气体使电路球 700 向上经过几个安装于下部的摄像机到达掩模 1300 的中心点并移出开口 1304 外，上行型曝光系统与下行型类似。此外，除支架 1508 利用真空抽吸从上部开口 1304 进入掩模 1300 以便曝光，并然后将其释放使之通过下部开口 1306 排出外，第二固定型曝光系统具有与图 15 所示的曝光系统相同的特点。

H·涂敷和引线

参见图 24，用保护涂料 2500 涂敷电路球 700。为了产品区分的目的，还可以给涂料 2500 着色。涂敷了涂料 2500 后，在电路球 700 上附加引线 2502。可以通过从电路球上的焊盘上去掉着色涂料，或在涂敷期间保护这些焊盘防止任何涂料涂敷于其上来附加引线。然后在这些焊盘上安装焊料球或回流焊料。如以下将更具体讨论的，焊料球用作连接电路球与其它器件的引线。

III·聚集一个或多个电路球

参见图 25，该图示出了几个不同的电路球 2500、2502、2504、2506、2508、2510、2512。作为成品，电路球 2500-2512 具有以预定间距设于它们表面上的焊料突点。结果，电路球 2500-2508 可容

易地安装于电路板 2514 上，每个电路球的底部直接搁置于电路板上。电路球 2500 具有以较小圆周设置的焊料突点 2516，以便电路球 2500 能够安装于平面电路板 2514 上。电路球 2502、2504 分别具有用于安装于电路板 2514 上的第一组焊料突点 2518、2520，及用于彼此连接的第二组焊料突点 2522、2524。电路球 2506 具有众多焊料突点 2526。为了电连接各焊料突点 2526 与电路板 2514，将电路球 2506 设置于插座 2528 中。插座 2528 具有与焊料突点 2528 对准的焊盘 2530 及下表面上用于连接这些焊盘与电路板 2514 的电连接 2532。电路球 2508 具有焊料突点 2534、2536；电路球 2510 具有焊料突点 2538、2540；电路球 2512 具有焊料突点 2542，以便各电路球可以与电路板连接和彼此连接，如图所示。

参见图 26，一般由参考数字 2600 表示的多个电路球聚集在一起，并聚集到电路板 2602 上。这种聚集具有几个优点。根据结构设计，在不同方向上聚集电路球 2600，它们可以构成可以组装到很复杂的表面上的很大规模的集成（“VLSI”）电路。例如，VLSI 电路 2600 可以在一个管道内或不平的表面上构成。此外，电路球间的距离极大减小，因而增强了 VLSI 电路 2600 的整体操作性。

IV · 分立元件

通过将球形单晶用作制造的原材料，可以制造球形分立半导体器件。这种分立半导体器件的例子包括寄存器、电容器、电感器、和晶体管。

例如，在常规芯片制造中，不可能在芯片上附加相当大的电感器。尽管可以在芯片上制造线圈，但由于芯片较平的形态，各线圈间只能放置极少材料。结果电感器的耦合很低。相反，可以以几种方式将电路球制造成特定的电感器。例如，通过绕电路球加工金属路径或线圈，可以制造单个球形电感器。由于电路球的芯在各线圈间提供了相当大量的材料，所以电感器的耦合可以相当高。另外，通过附加金属层，可以附加另外的电感器。

利用这种电感器，可以聚集几个电路球，构成半导体天线，用于

发送和接收无线电频率信号。此外，可以容易制造电感器 - 电阻振荡器。

V · 结论

除上述的优点外，上述制造系统还在许多方面优于常规晶片和芯片制造和工艺。

一个优点是，整个工艺极洁净，极少产品因污染而损失。另外，多数设备可以是气密的，并可以利用连续管道或管互连。于是，不需要净化室，不需要硅产品的转移。

另一优点是，多数设备可以利用连续管道或管互连。利用管道便于有效的“管线制造”，从而减少周期时间。另外，各晶体球圆而且轻，因此可以容易漂浮于液体层上，这也提高了生产率。

另一优点是，由于形状是球形的，因此不存在易破碎的边缘，所以不需要常规封装。

另一优点是，在生产球形晶体时，可以低成本构成多晶和单晶。

另一优点是，扩散、氧化和其它制造工艺的成本低。

再一优点是，可以极大简化多晶和单晶的制造，并显著提高了单晶的成品率。

又一优点是，单晶中的氧含量非常低。

再一优点是，不象常规芯片加工中那样，没有因翘曲或改变晶片厚度而造成成品率严重下降。

还一优点是，聚集可以使 VLSI 有多层金属布线、多层有源层、独特的布局结构。另外，减少了对多层印刷电路板的需要。

还有一优点是，例如锯切、安装、引线键合和模制等常规封装活动变得不必要。

再一优点是，与常规芯片所需要的印刷电路板面积相比，电路球只需要小得多的面积。

再一优点是生产用设备保持较小。

尽管展示了本发明的各例示实施例，但前面的公开中隐含了发明的改形、改变和替换，在某些情况下，可以采用本发明的某些

特征，而不用其它特征。例如，在不改变本发明范围的情况下，可以附加其它的工艺或其它电路球结构。因此，合适的是概括地且与本发明范围一致的方式构成所附权利要求书。

说 明 书 附 图

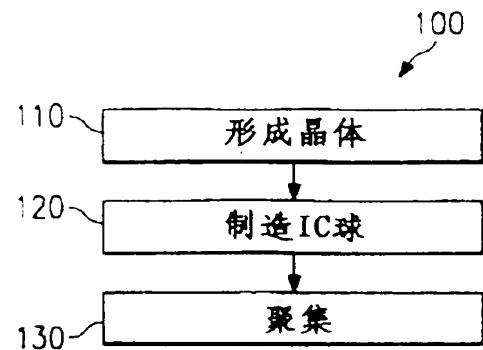


图 1

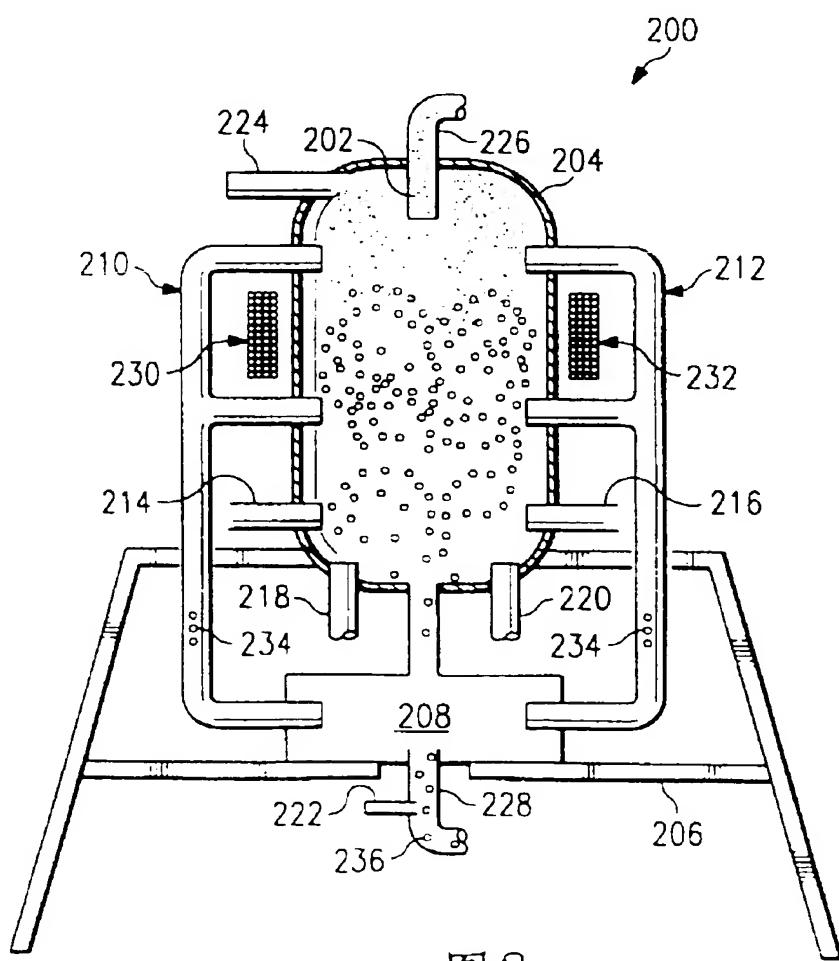


图 2

99-06-02

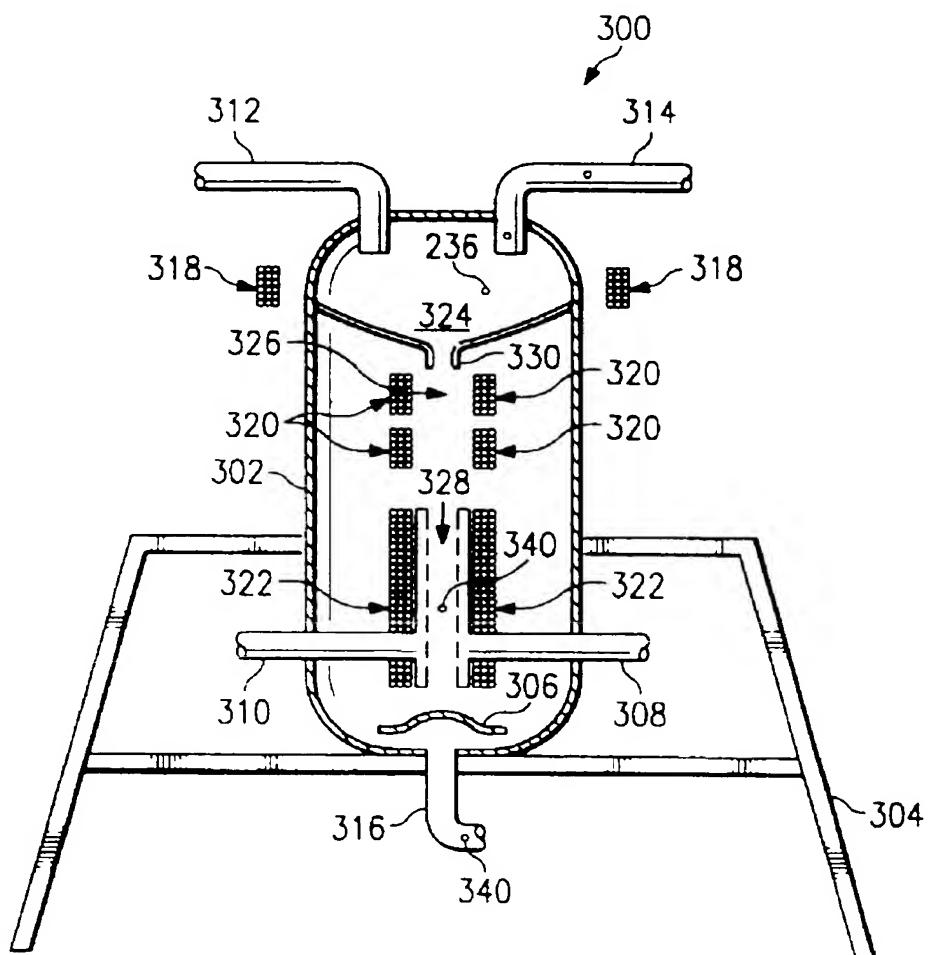
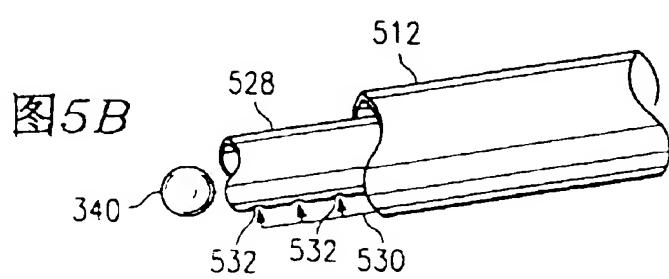
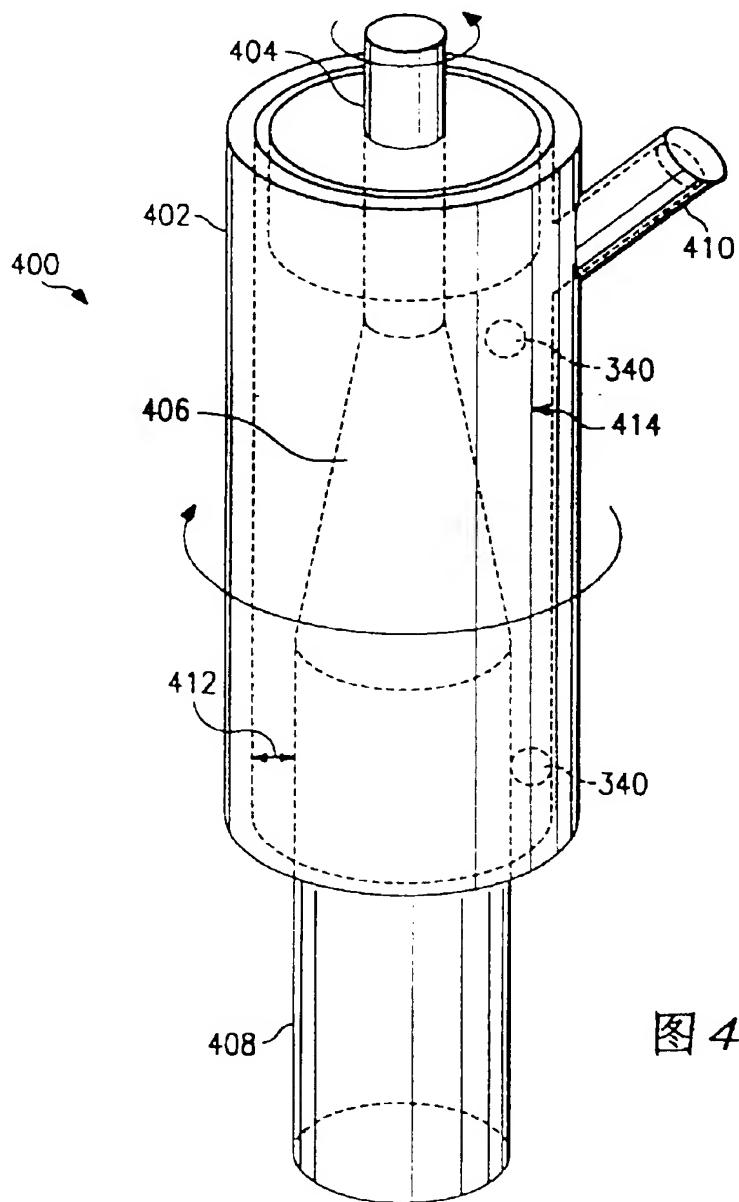


图3

99-06-002



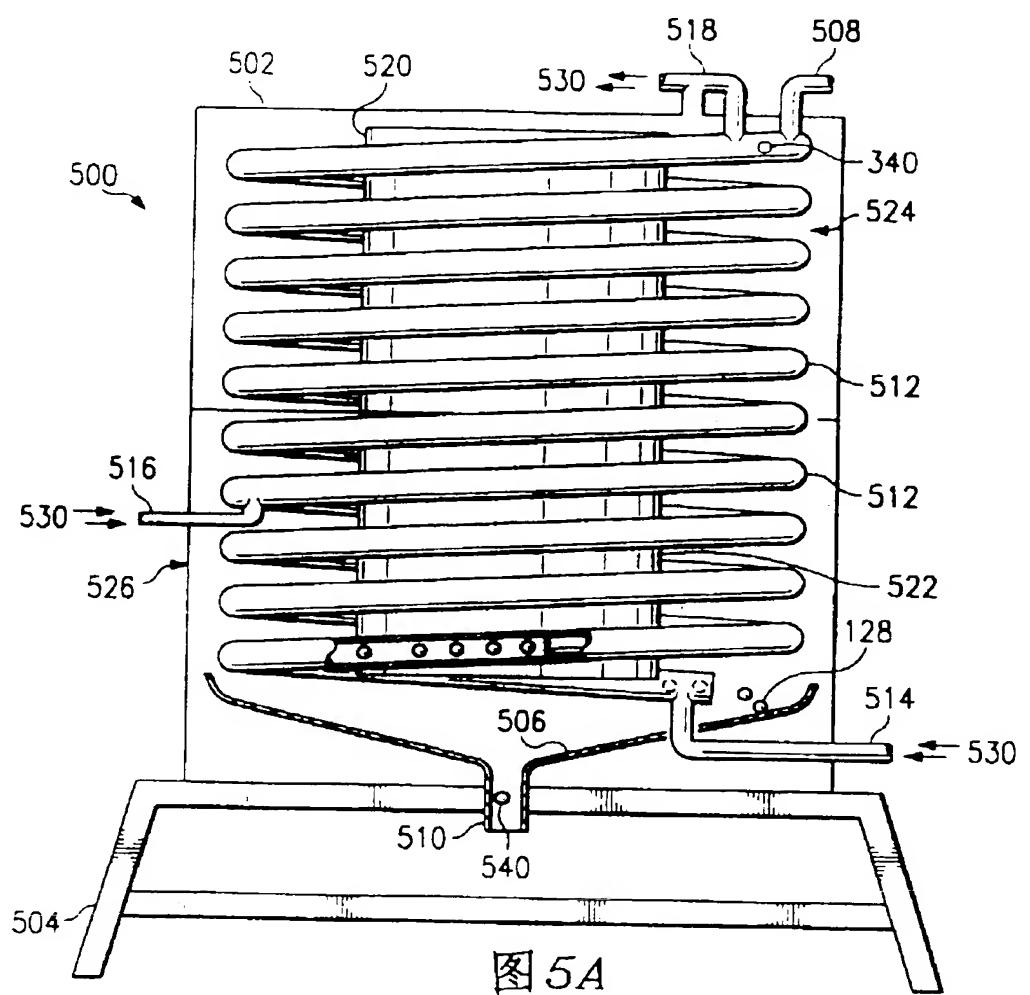


图 5A

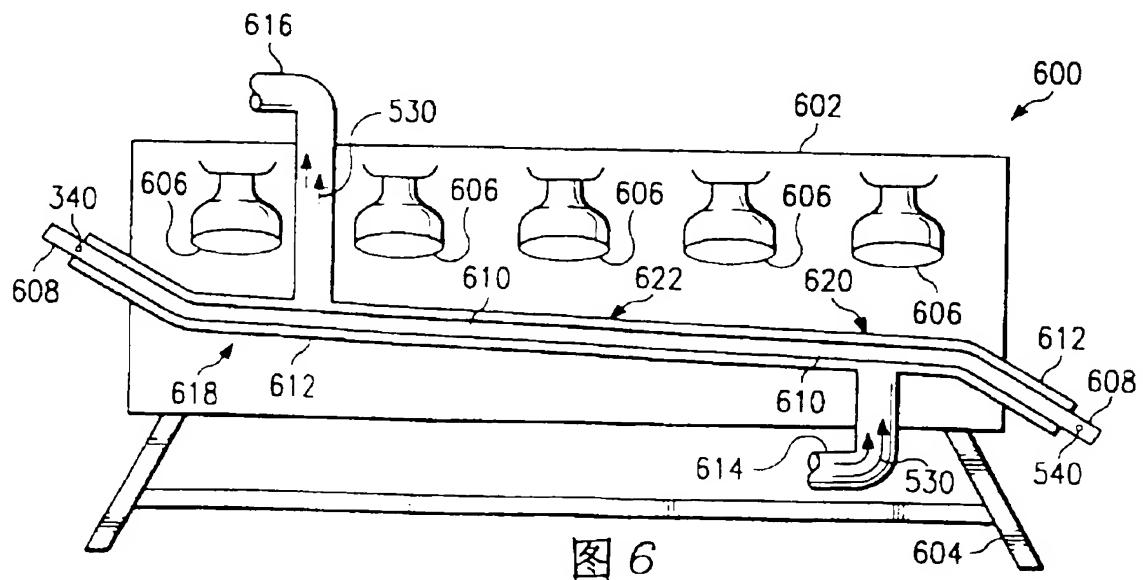


图 6

999-00-002

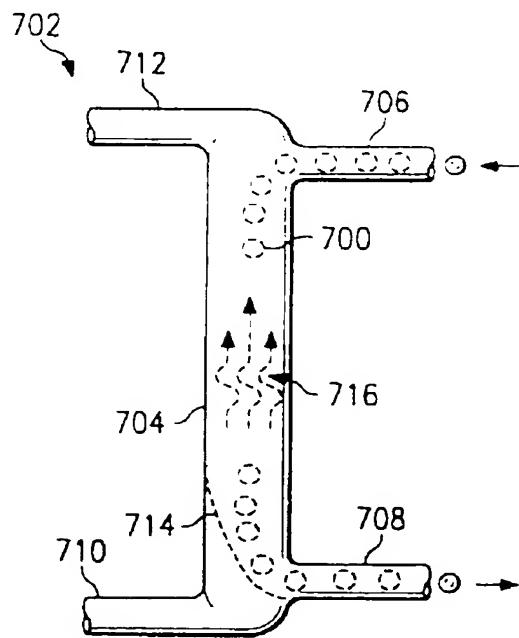


图 7

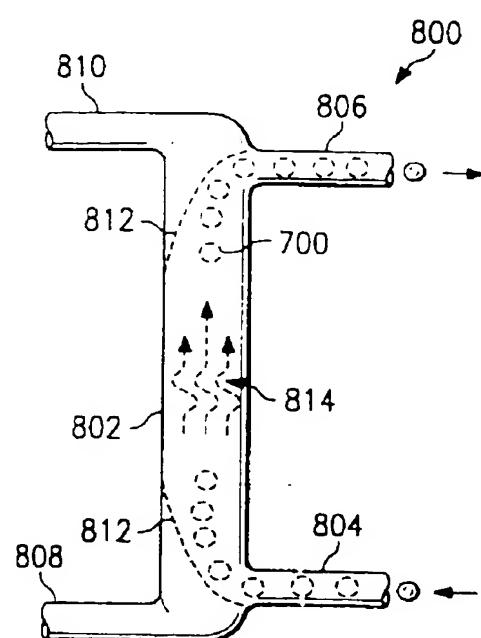


图 8

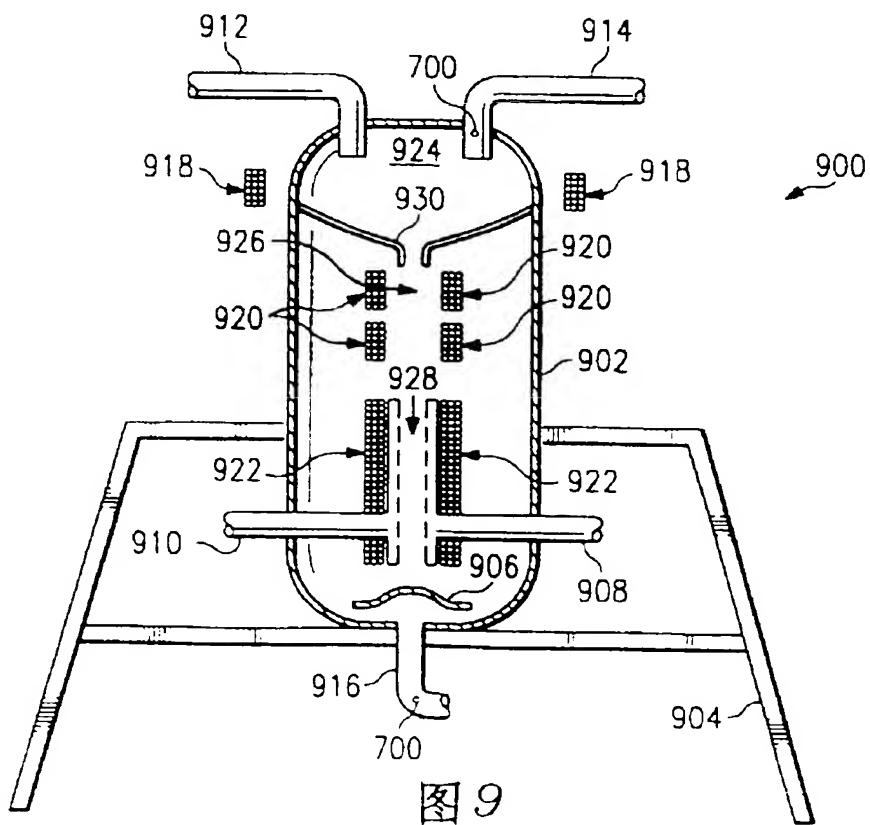


图 9

00-00-00

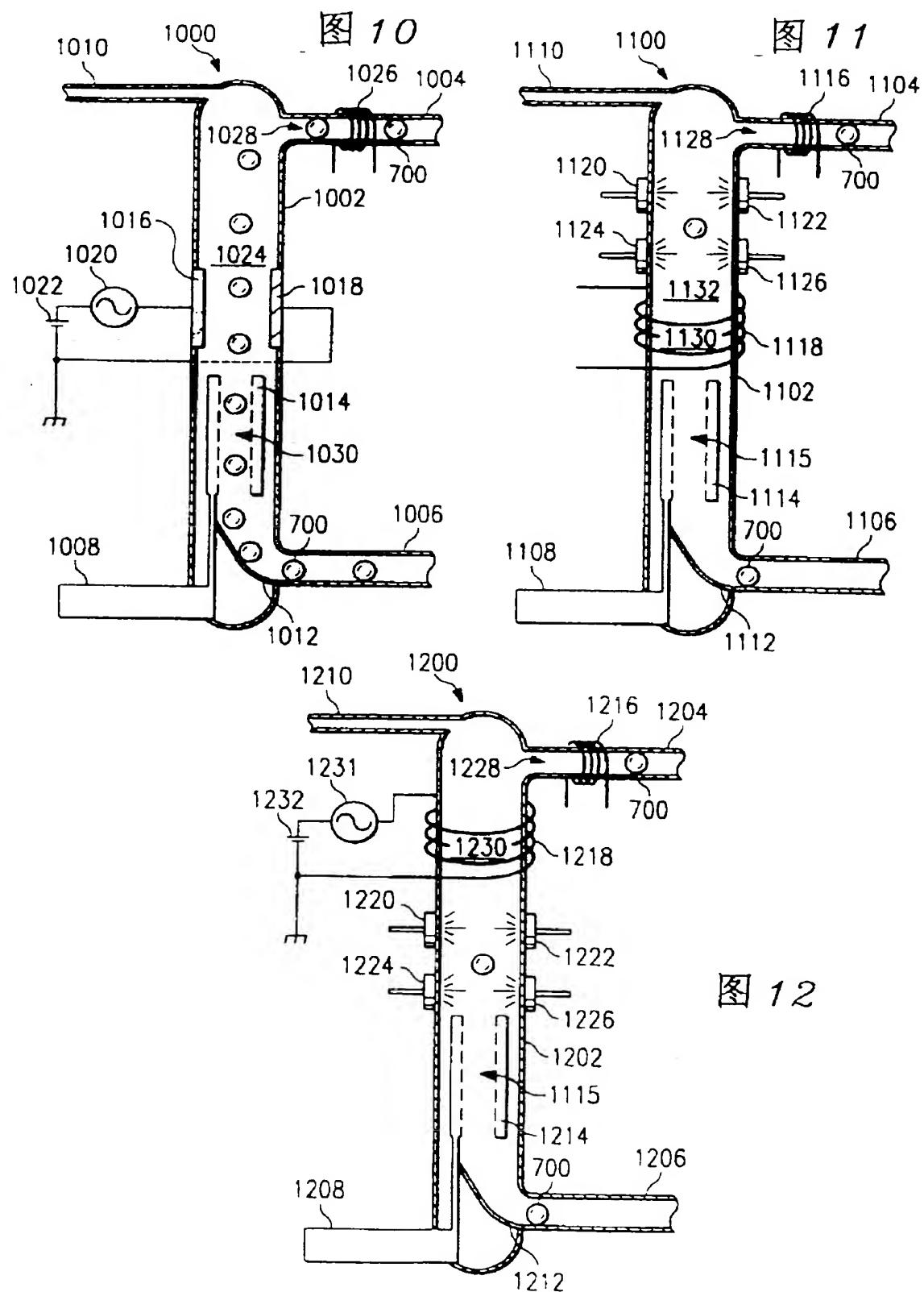


图 13

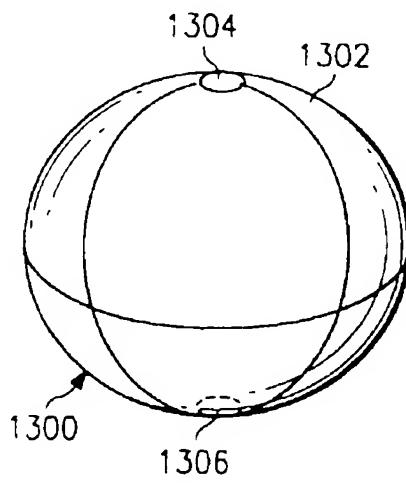


图 14

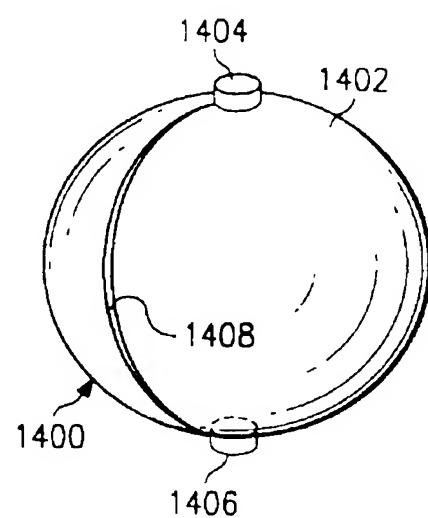


图 15

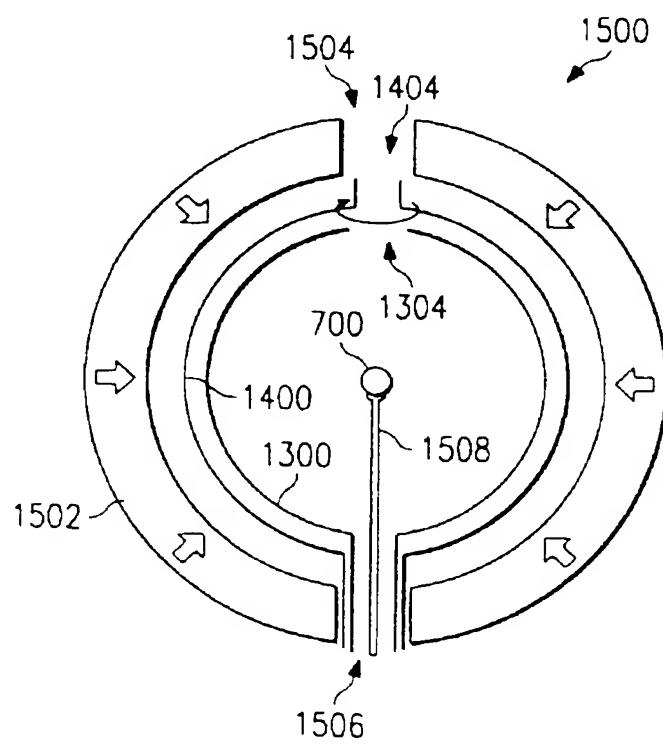


图16

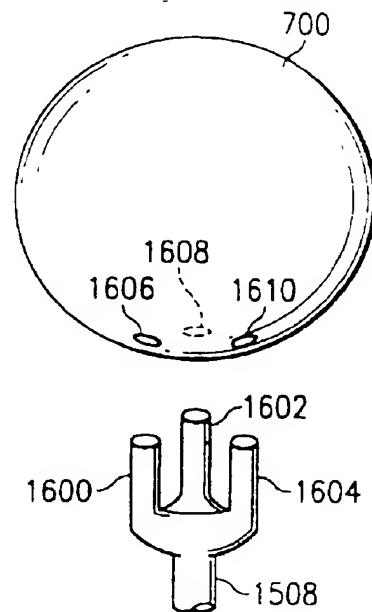
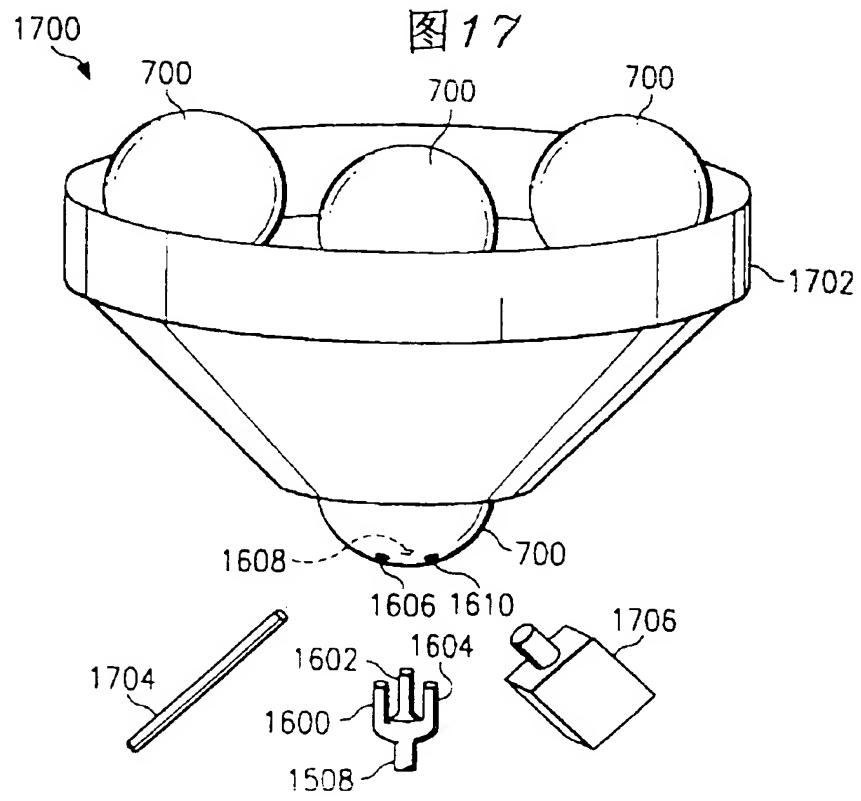
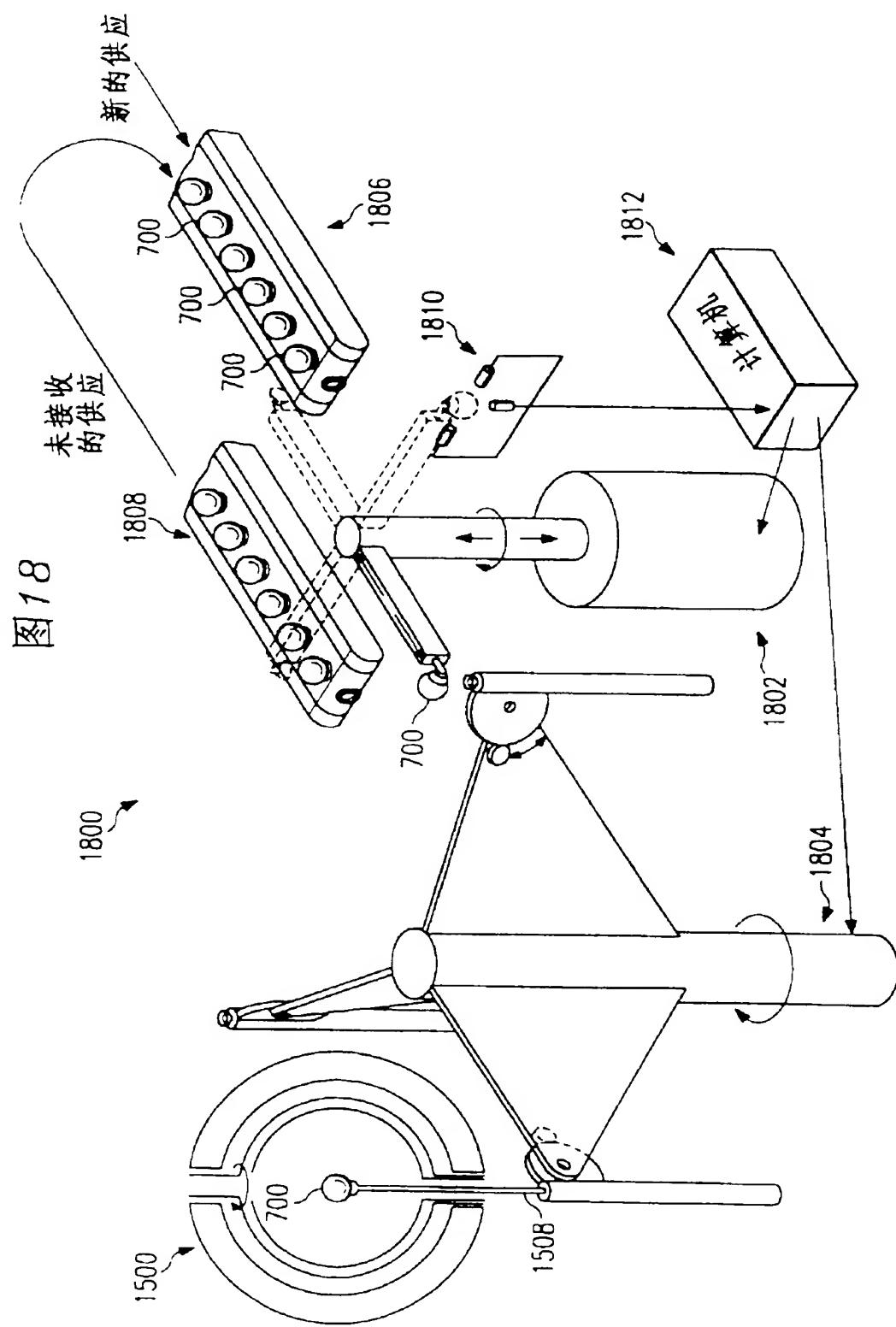


图17





96100402

图 19

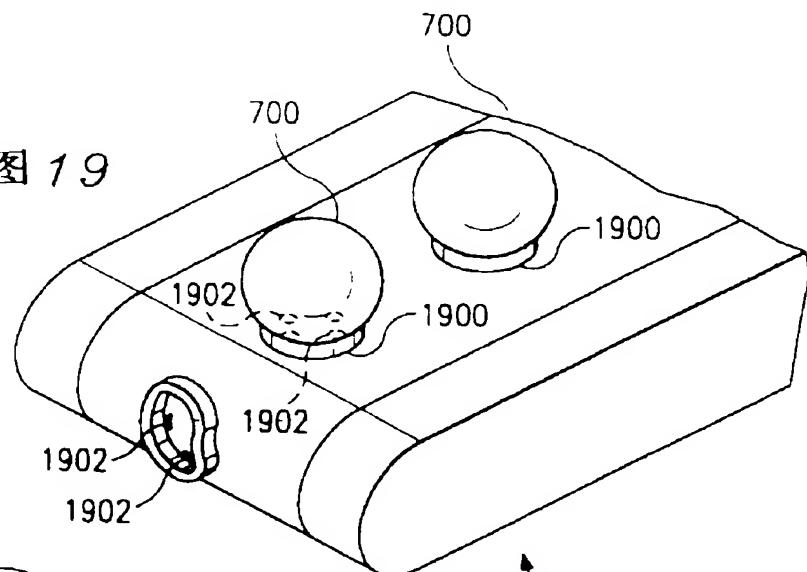


图 20

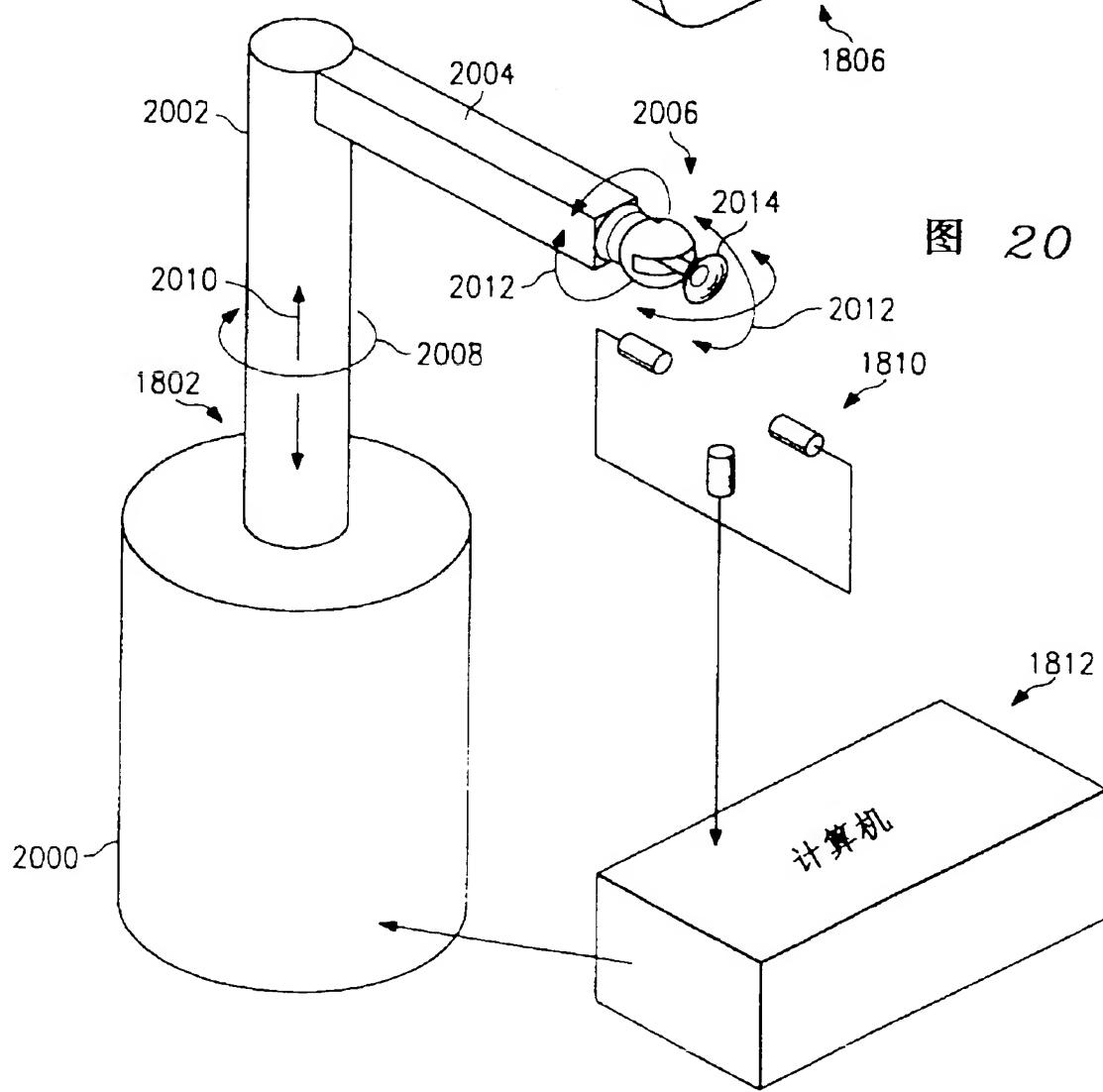
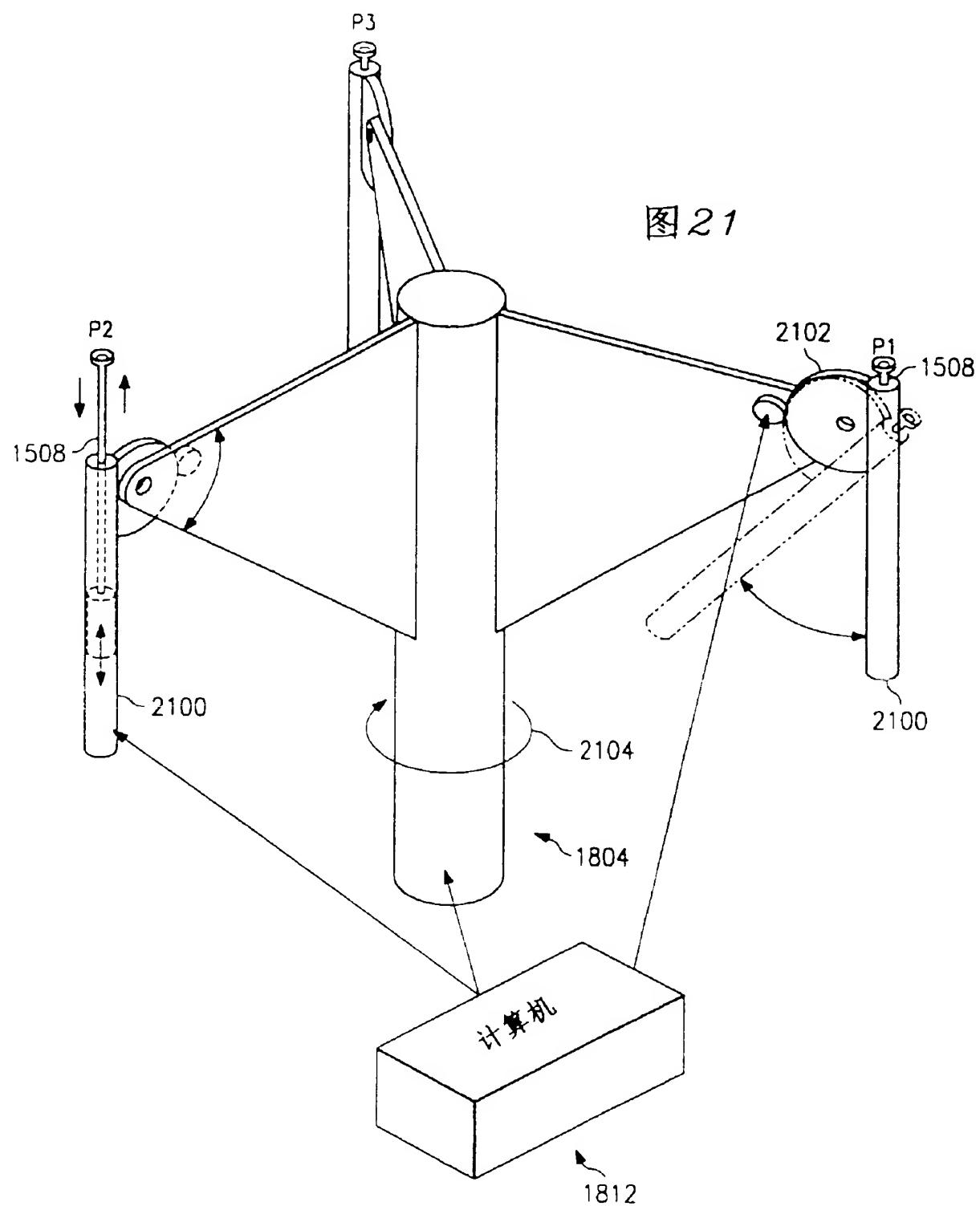


图 21



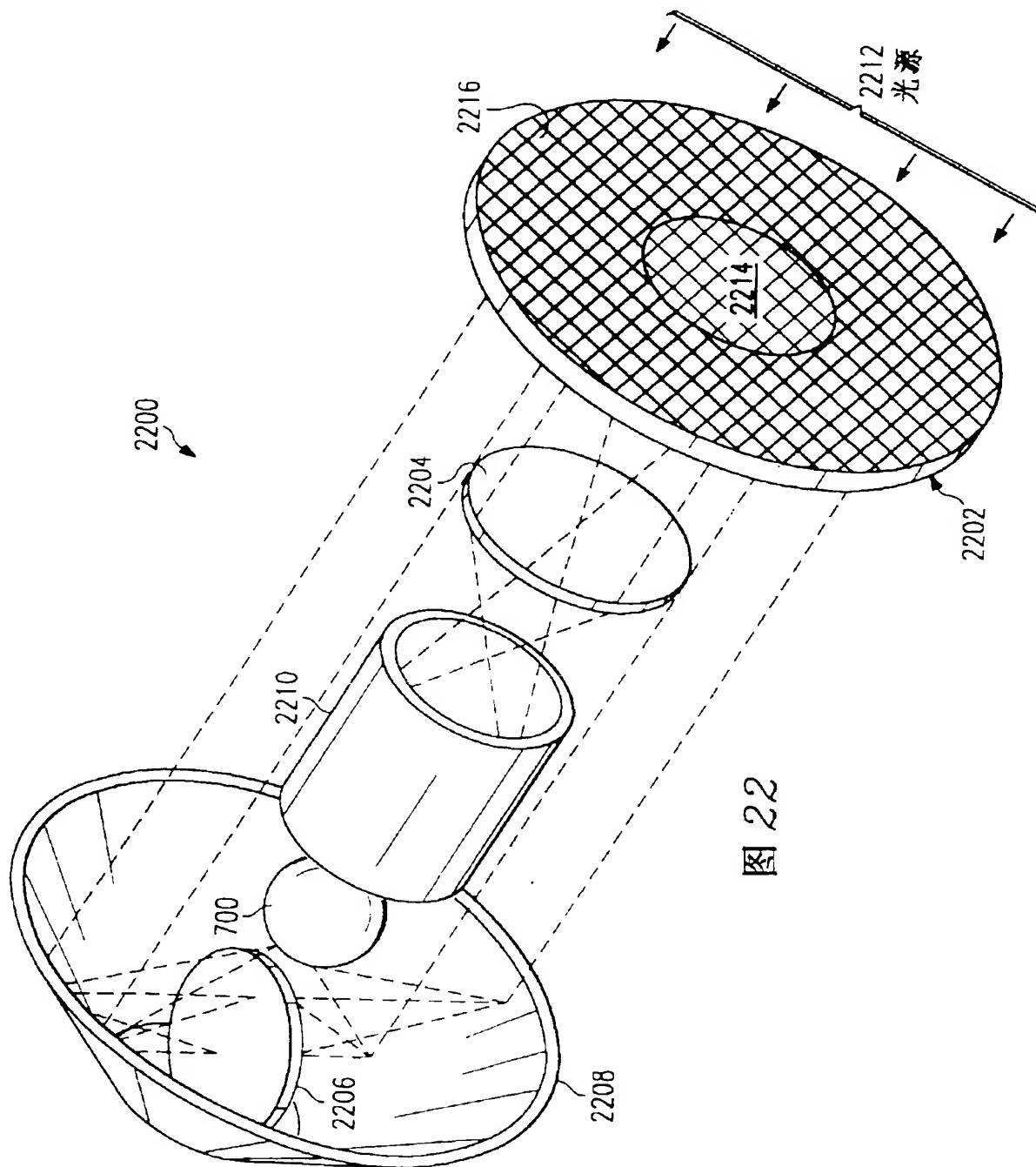


图 22

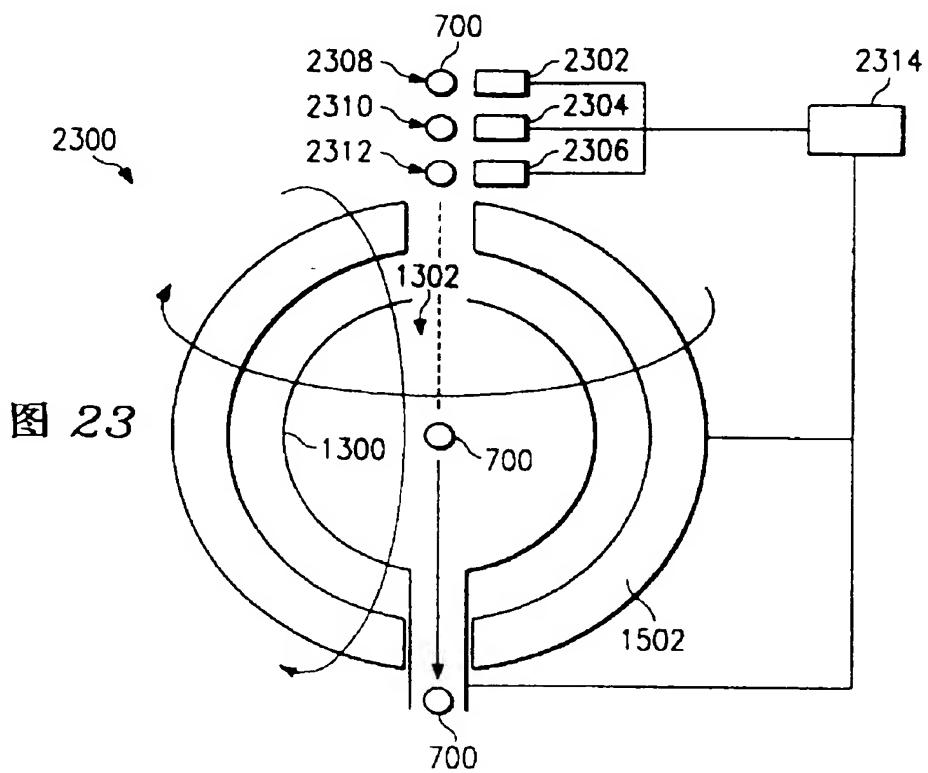


图 23

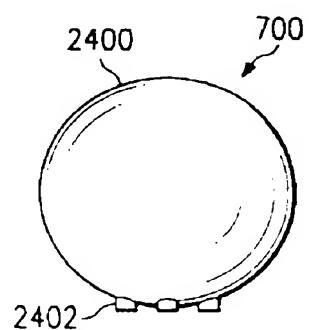
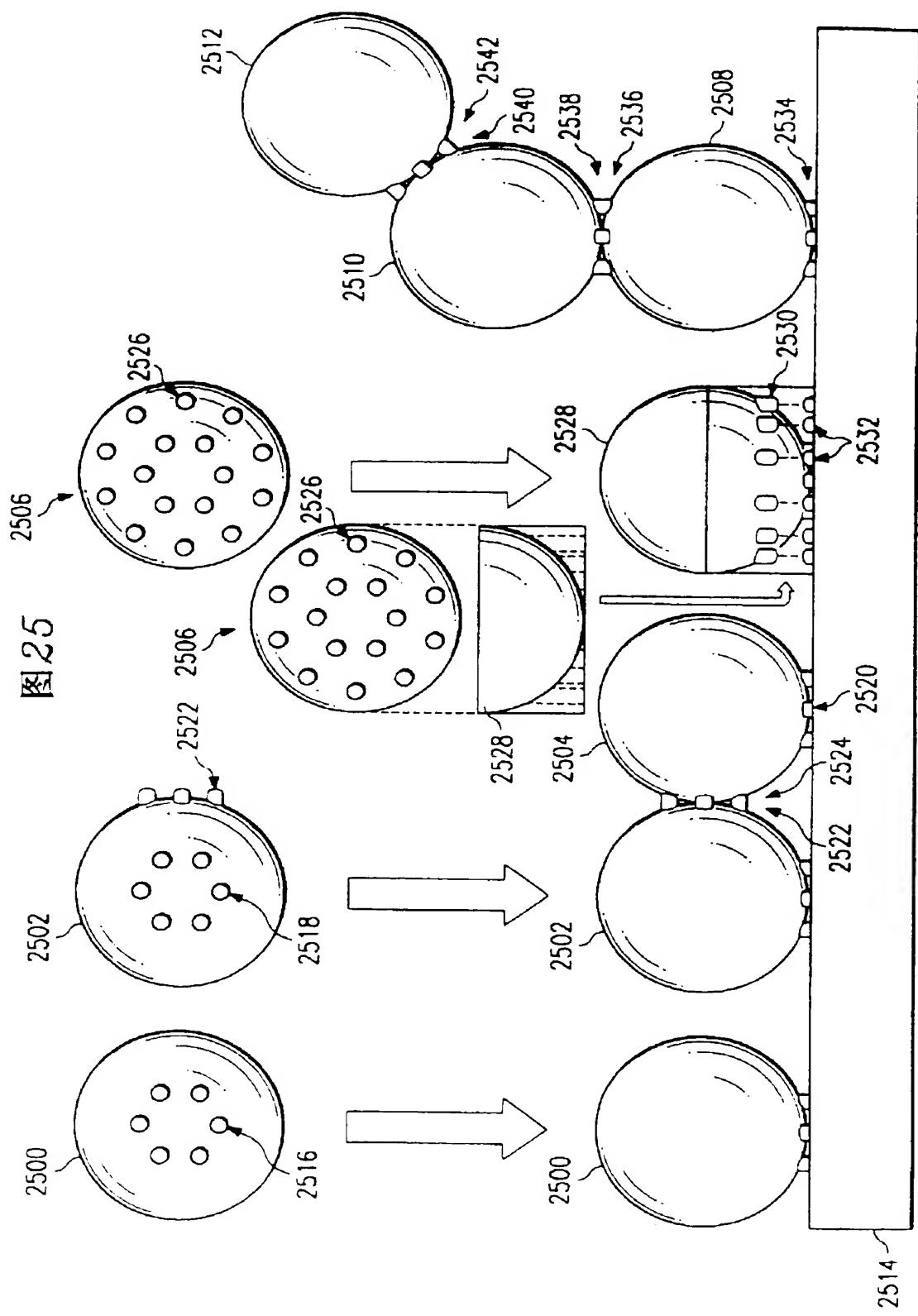


图 24

99-096-02



99-00-02

2600

图 26

